

ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 543.423.1

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ МЕТАЛЛАМИ В ТВЕРИ

Ю.С. Першина, А.Ф. Мейсурова

Тверской государственный университет, г. Тверь

С помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой (АЭС–ИСП–анализ) в пробах почвы, взятых в разных районах г. Твери, обнаружено 29 металлов (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr). Выявленные металлы представляют три класса опасности (высокоопасные, умеренноопасные и малоопасные). По шести металлам значения концентраций выше значений ПДК. Среди них три металла представляют первый класс опасности (As, Pb, Zn) и три металла – второй класс. Анализ содержания выявленных металлов и мест сбора проб почв показал, что основными источниками загрязнения в городе являются промышленные предприятия (машиностроение, химическая, энергетическая, лёгкая промышленность, производство строительных материалов) и автотранспорт.

Ключевые слова: загрязнение почвы, АЭС-ИСП-анализ, поллютант, промышленные предприятия, автотранспорт, металлы, ПДК, классы опасности.

Город Тверь является административным и промышленным центром Тверской области. Его общая площадь составляет 152,22 км², а численность населения – 416 442 человек [1]. С одной стороны, город уникален с культурно-исторической точки зрения и позиции сохранившихся компонентов природного разнообразия [10]. С другой стороны, он имеет сложную промышленную инфраструктуру. В городе развиты следующие отрасли промышленности: машиностроение (ОАО «Тверской вагоностроительный завод», ООО «Текмаш-М», ЗАО «ЭКСМАШ», ООО «Строймаш-Сервис», ЗАО «ПФК Тверьдизельагрегат»), химическая (ОАО «Тверской завод вискозных нитей»), энергетическая (ТЭЦ-3), лёгкая (ООО «Тверьтекстильторг»), производство строительных материалов (ЗАО «Тверской комбинат строительных материалов № 2») [1].

Развитая промышленная инфраструктура города определяет высокую антропогенную нагрузку на окружающую среду. Удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям на всей исследуемой территории в Тверской области, в том числе г. Твери, составляет 1,6 % [5]. В отдельных пробах почвы из г. Твери регулярно регистрируется

превышение значений предельно допустимых концентраций (ПДК) по цинку, ртути, хрому, свинцу [6]. Отметим, что оценку уровня химического загрязнения почв в условиях техногенного загрязнения осуществляют на основе содержания нескольких металлов (кадмия, ртути, свинца, цинка, хрома), в то же время как содержание других металлов в пробах почв города не приводится. Кроме того, недостаточным является и число пунктов наблюдений в городе с учетом численности г. Твери, его площади, промышленной инфраструктуры. В этой связи актуальными являются исследования, связанные с современной оценкой содержания металлов в г. Твери с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС–ИСП–анализ). Данный метод позволяет определять практически все химические элементы почвы. Многоэлементный, высокочувствительный, гибкий и производительный метод анализа даёт возможность получать воспроизводимые результаты с малой погрешностью при определении микро- и макрокonzентраций элементов в самых разных по составу объектах.

Цель работы – оценка содержания металлов в почвах г. Твери с помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой (АЭС–ИСП–анализ). В задачи работы входило: 1) определение сети пунктов для отбора почв на основе анализа промышленной инфраструктуры города; 2) отбор проб почв; 3) определение и анализ содержания металлов в образцах почв; 4) разработка предложений по улучшению экологической обстановки в городе.

Методика исследования

Исследования провели в весенне-летний период 2016 г. На основе данных хозяйственной инфраструктуры г. Твери определили 19 пунктов отбора (ПО) проб почв, которые располагаются в разных районах города: в Центральном районе города – 3 ПО (ПО 1–3); в Заволжском – 6 (ПО 4–9); в Пролетарском – 5 (ПО 10–14); в Московском – 5 (ПО 15–19) (рис. 1). Общая характеристика местоположения выбранных ПО проб почв в городе представлена в табл. 1. Отбор проб почв (ПО 1–19) осуществляли по стандартной методике [7]. Определение содержания металлов в пробах почв осуществили с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6300 Duo [11; 12; 14]. Статистическую обработку полученных данных провели с использованием стандартных руководств [15]. Полученные значения концентраций выявленных металлов в пробах сравнивали со значениями предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве [3], а также с ориентировочными значениями допустимых концентраций (ОДК) [4].

Результаты и их обсуждение

Анализ проб почв в выбранных ПО (1–19) показал следующие результаты. Всего в пробах почв обнаружили 29 металлов (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr) (табл. 2). Выявленные металлы представляют 3 класса опасности [2]. К первому классу опасности (высокоопасные) относят 5 металлов (As, Cd, Pb, Se, Zn,); ко второму (умеренноопасные) – 7 металлов (B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Sb,); к третьему (малоопасные) – 5 металлов (Ba, Mn, Sr, V, W) [8]. Для других металлов классы опасности не установлены.

Наибольшее число металлов (28) было обнаружено в Заволжском районе – ПО 9 (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr); наименьшее число металлов (22) в Пролетарском районе – ПО 13 (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Общими для всех изученных проб являются 22 металла (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Большая часть выявленных металлов (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr) встречается повсеместно. В единичных случаях встречаются кобальт (ПО 10, 15, 17) и селен (ПО 8, 9, 18).

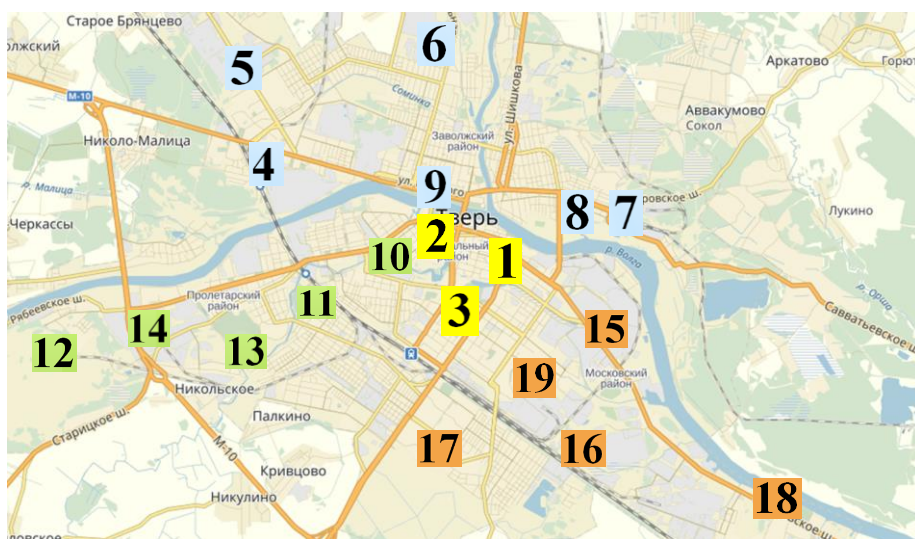


Рис. 1. Общая схема расположения ПО (1–19) проб почв в г. Твери: Центральный район – ПО 1–3; Заволжский район – ПО 4–9; Пролетарский район – ПО 10–14; Московский район – ПО 15–19

Таблица 1

Общая характеристика ПО (1–19) почв в г. Твери

ПО	Координаты	Местоположение	Потенциальные источники
1	56°51'36''с.ш. 35°55'12''в.д.	Ул. Советская, 31	Автотранспорт: магистраль с интенсивным движением
2	56°51'36''с.ш. 35°53'24''в.д.	Ул. Краснофлотская наб., 1	Автотранспорт: магистраль с интенсивным движением
3	56°50'52''с.ш. 35°54'56''в.д.	Ул. Проспект победы	Автотранспорт: магистраль с интенсивным движением, Лёгкая промышленность: оао «тверская швейная фабрика»
4	56°52'12''с.ш. 35°51'18''в.д.	Ул. Петербургское шоссе, 45-б	Машиностроение: оао «тверской вагоностроительный завод», ооо «тверской завод стальных конструкций»
5	56°53'24''с.ш. 35°50'24''в.д.	Ул. Фрунзе, д.1	Машиностроение: ооо «строймаш-сервис»
6	56°51'36''с.ш. 35°57'36''в.д.	Ул. Г. Димитрова, 21	Энергетическая отрасль: тэц-3
7	56°54'12''с.ш. 35°54'10''в.д.	Ул. Академика туполева, д.117	Производство строительных материалов: зао «тверской комбинат строительных материалов № 2», ооо «лаарс», ооо «тверской кирпич», ооо «тверской завод ячеистого бетона», Машиностроение: ооо «скат»
8	56°51'51''с.ш. 35°57'2''в.д.	Ул. 3-я силикатная, д. 27	Автотранспорт: внутригородские линии
9	56°52'1''с.ш. 35°54'19''в.д.	Ул. Горького, 33	Автотранспорт: магистрали с интенсивным движением
10	56°51'24''с.ш. 35°52'43''в.д.	Ул. Головинский переулок, 2	Машиностроение: зао «эксмаш», Автотранспорт: внутригородские линии
11	56°51'2''с.ш. 35°51'36''в.д.	Ул. Двор фабрики пролетарка, д. 1	Машиностроение: ооо «текмаш-м»
12	56°50'24''с.ш. 35°45'36''в.д.	Ул. Авангардная, 1	Военный аэродром
13	56°50'37''с.ш. 35°49'42''в.д.	Ул. Маршала конева	Автотранспорт: магистраль с интенсивным движением, выход на федеральную трассу м-10
14	56°50'45''с.ш. 35°47'47''в.д.	Ул. Пр-т 50 лет октября, д. 46	Химическая отрасль: оао «тверской полиграфический комбинат детской литературы»; Машиностроение: гк «трактородеталь»
15	56°51'3''с.ш. 35°57'36''в.д.	Пл. Гагарина, 1	Химическая отрасль: оао «тверской завод вискозных нитей», машиностроение: ооо «пк орбита»
16	56°48'36''с.ш. 35°58'48''в.д.	Ул. Коняевская, д. 10	Машиностроение: зао «пфк тверьдизельагрегат», зао «пфк тверьпромавтоматика»

ПО	Координаты	Местоположение	Потенциальные источники
17	56°49'12'' с.ш. 35°53'24'' в.д.	Ул. Можайского, д. 60	Автотранспорт: магистраль с интенсивным движением, выход на федеральную трассу м-10 (москва - Санкт-Петербург)
18	56°48'19'' с.ш. 36°1'26'' в.д.	Московское шоссе	Автотранспорт: магистраль с интенсивным движением, выход на федеральную трассу М-10
19	56°49'44'' с.ш. 35°56'3'' в.д.	Ул. Промышленный пр-д	Автотранспорт: внутригородские линии, Машиностроение: ооо «ремсервис»

Количественный анализ содержания металлов в пробах почв ПО 1–19 показал, что значения концентрации большинства выявленных металлов не превышает значения ПДК (Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Однако по шести металлам (As, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn) ПДК выше нормы. Среди них три металла представляют первый класс опасности (As, Pb, Zn) и три металла – второй класс (Cu, Ni, Sb).

Средняя концентрация мышьяка, который представляет первый класс опасности, в пробах почв составляет 15,3 мг/кг, что превышает значения ПДК в 7,7 раз: в Московском районе – в 7,2 раза; в Заволжском – в 7,3 раза; в Центральном районе – в 7,9 раз; в Пролетарском – в 8,2 раза (рис. 2). Валовая концентрация мышьяка в изученных пробах варьирует от 8,5 до 29,88 мг/кг. Максимальные концентрации металла обнаружены в пробах из Пролетарского района (ПО 10, 11) (25,68 и 29,88 мг/кг соответственно); минимальные – в пробах из Пролетарского (ПО 12, 13) и Московского (ПО 18) районов (8,86; 8,5 и 9,16 мг/кг соответственно).

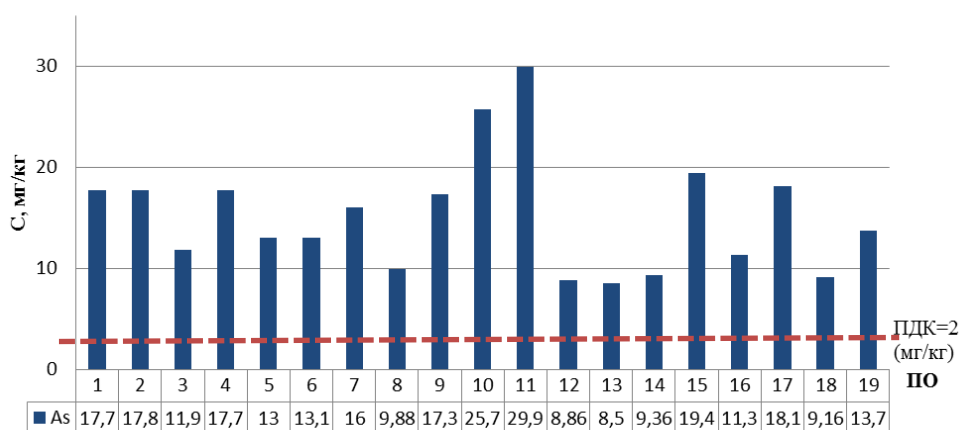


Рис. 2. Концентрация мышьяка в пробах из ПО (1–19) г. Твери, мг/кг

Таблица 2

Значения средних концентраций металлов в пробах почв разных районов
г. Твери, мг/кг

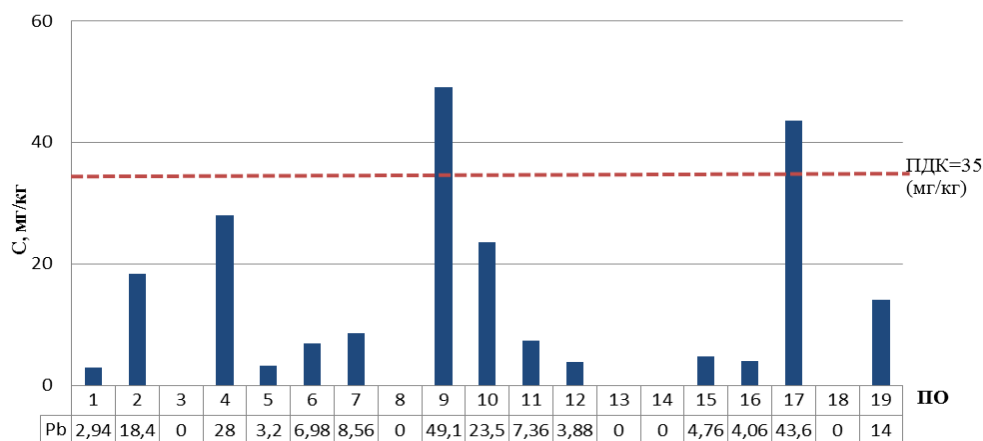
Металлы	Класс опасности	Значения нормативов	Название района			
			Центральный	Заволжский	Пролетарский	Московский
As	1	2*	15,79	14,51	16,46	14,34
Cd	1	2**	0,20	0,22	0,30	0,39
Pb	1	35*	7,11	15,98	6,96	13,29
Se	1		0,00	0,09	0,00	0,08
Zn	1	23*	18,61	30,79	32,11	39,83
B	2		7,23	5,86	6,88	6,93
Co	2	60**	0,00	0,00	0,04	0,01
Cr	2		14,97	15,26	14,95	19,26
Cu	2	3,5*	16,40	19,21	17,56	16,45
Mo	2		0,17	0,23	0,26	0,26
Ni	2	6,7*	5,65	7,11	6,30	7,60
Sb	2	4,5*	3,57	3,86	4,11	4,68
Ba	3	—	37,54	31,28	30,62	35,39
Mn	3	—	152,91	113,69	156,74	162,11
Sr	3	—	21,46	20,68	17,04	22,02
V	3	—	10,25	10,04	10,62	14,65
W	3	—	5,08	5,78	10,62	10,72
Al	—	—	3326,00	2783,17	3086,72	3848,80
Be	—	—	0,08	0,10	0,12	0,11
Ca	—	—	7656,00	6098,00	3970,44	7387,32
Fe	—	—	5342,67	4420,67	4442,00	4868,40
In	—	—	2,13	2,46	2,70	3,92
K	—	—	590,73	550,13	578,66	603,64
Li	—	—	3,39	3,21	3,13	4,19
Mg	—	—	4418,33	5792,50	4541,32	6962,16
Na	—	—	99,57	57,62	80,24	111,67
Sn	—	—	0,38	0,32	0,25	0,12
Ti	—	—	116,69	130,89	123,71	145,64
Zr	—	—	18,76	17,72	13,02	13,41

Примечания: «-» — класс опасности не выявлен;

* — значения ПДК [4];

** — значения ОДК [5].

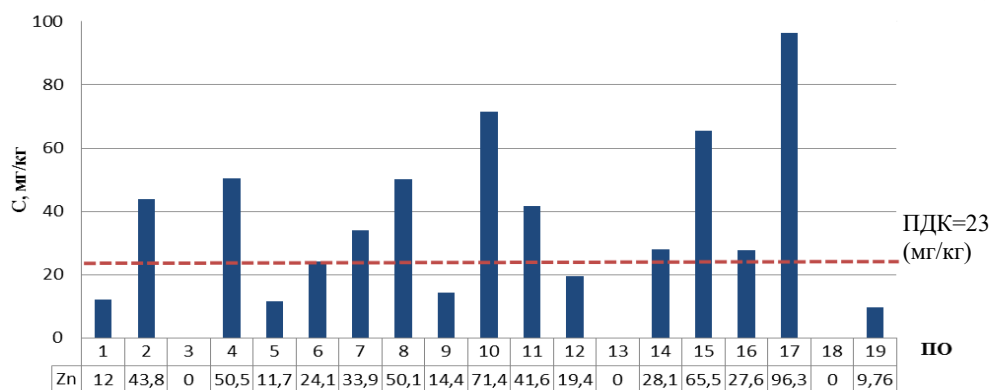
Среднее содержание свинца, представляющего первый класс опасности, составляет 10,8 мг/кг, что не превышает значения ПДК (рис. 3). Однако, валовое содержание свинца в отдельных пробах почв изменяется с превышением значений ПДК – от 2,94 до 49,12 мг/кг. Максимальные концентрации металла обнаружены в отдельных пробах из Заволжского (ПО 9) и Пролетарского (ПО 17) районов (49,12 и 43,6 мг/кг соответственно); минимальные – из Центрального (ПО 1) и Заволжского (ПО 5) районов (2,94 и 3,2 мг/кг соответственно).



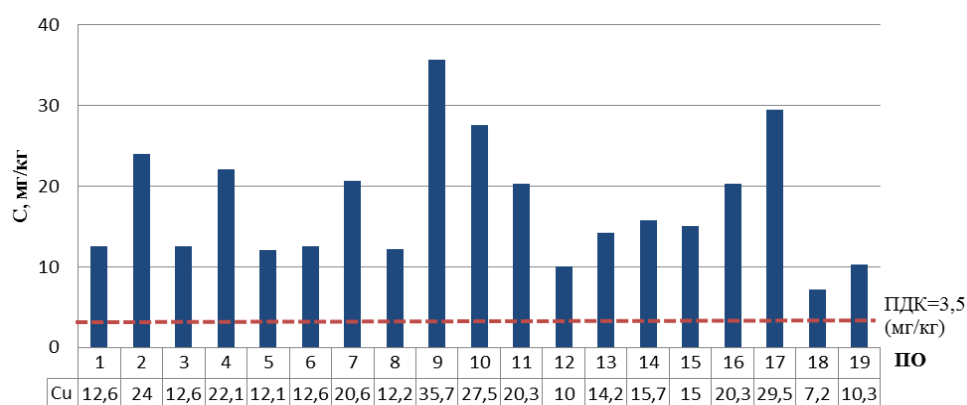
Р и с . 3. Концентрация свинца в пробах из ПО (1–19) г. Твери, мг/кг

Цинк, как мышьяк и свинец, относится к первому классу опасности. Средняя концентрация этого металла в пробах почв составляет 30,3 мг/кг, что превышает значения ПДК в 1,3 раза: в Центральном районе – в 0,8 раз; в Заволжском – в 1,3 раза; в Пролетарском – в 1,4 раза; в Московском – в 1,7 раз (рис. 4). Валовая концентрация цинка в изученных пробах почв варьирует в широких пределах от 9,76 до 96,34 мг/кг. Максимальные концентрации этого металла обнаружены в пробах из Пролетарского (ПО 10) и Московского районов (ПО 15, 17) (71,42; 65,46 и 96,34 мг/кг соответственно); минимальные – из Центрального (ПО 1); Заволжского (ПО 5) и Московского (ПО 19) районов (12,04; 11,7 и 9,76 мг/кг соответственно).

Медь представляет второй класс опасности металлов, его средняя концентрация составляет 17,4 мг/кг, что превышает значения ПДК в 5 раз: в Центральном и Московском районе – в 4,7 раз; в Пролетарском – в 5 раз; в Заволжском – в 5,5 раз (рис. 5). Валовая концентрация меди в исследуемых пробах почв изменяется от 7,2 до 35,68 мг/кг. Максимальные концентрации металла обнаружены в пробах почв из Заволжского (ПО 9) и Московского (ПО 17) районов (35,68 и 29,46 мг/кг соответственно); минимальные – в пробах из Пролетарского (ПО 12) и Московского (ПО 18, 19) районов (10; 7,2 и 10,26 мг/кг соответственно).



Р и с . 4 . Концентрация цинка в пробах из ПО (1–19) г. Твери, мг/кг

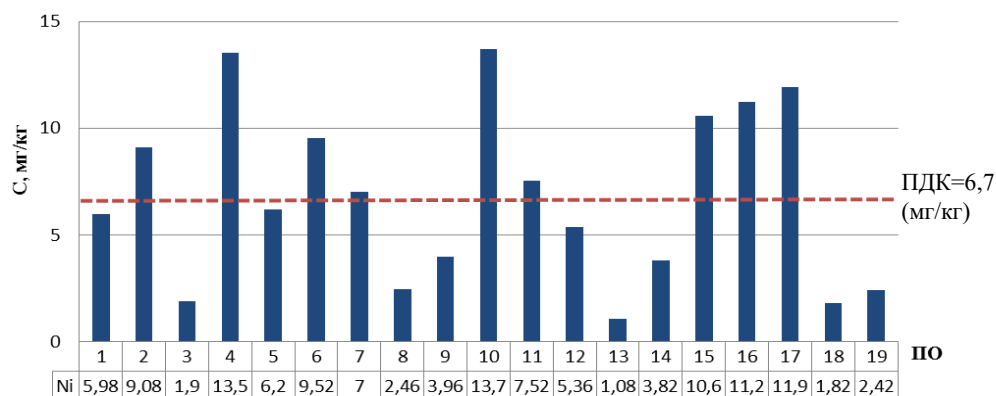


Р и с . 5 . Концентрация меди в пробах из ПО (1–19) г. Твери, мг/кг

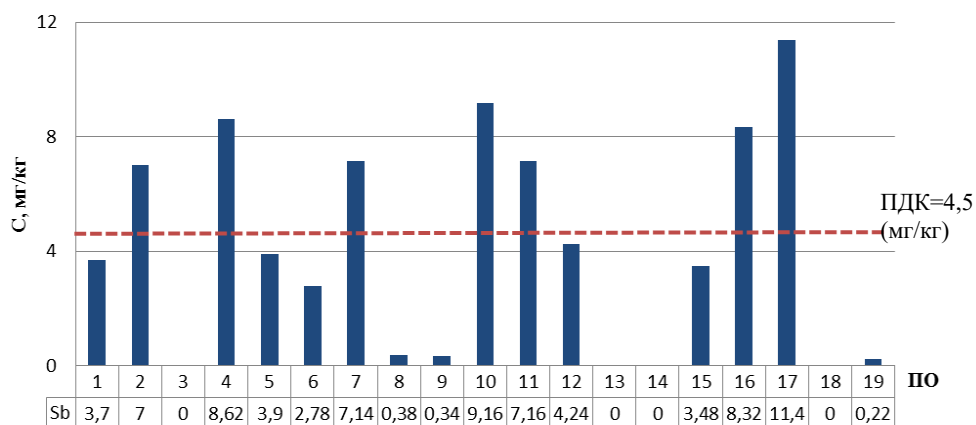
Средняя концентрация умеренно опасного металла – никеля – составляет 6,7 мг/кг, что соответствует максимальному значению предельно допустимой концентрации (рис. 6). Валовая концентрация никеля в изученных пробах варьирует от 1,08 до 13,72 мг/кг. Максимальные концентрации металла обнаружены в пробах из Заволжского (ПО 4) и Пролетарского (ПО 10) районов (13,54 и 13,72 мг/кг соответственно); минимальные – в пробах почв из Центрального (ПО 3); Пролетарского (ПО 13) и Московского (ПО 18) районов (1,9; 1,08 и 1,82 мг/кг соответственно).

Сурьма – это металл, который представляет второй класс опасности. Среднее содержание этого металла составляет 4,1 мг/кг, что не превышает значения ПДК (рис. 7). Однако валовая концентрация сурьмы в исследуемых пробах изменяется от 0,22 до 11,36 мг/кг. Максимальные концентрации металла обнаружены в пробах из Пролетарского (ПО 10) и Московского (ПО 17) районов (9,16 и 11,36

мг/кг соответственно); минимальные – из Заволжского (ПО 8, 9) и Московского (ПО 19) районов (0,38; 0,34 и 0,22 мг/кг соответственно).



Р и с . 6. Концентрация никеля в пробах из ПО (1–19) г. Твери, мг/кг



Р и с . 7. Концентрация сурьмы в пробах из ПО (1–19) г. Твери, мг/кг

Анализ содержания металлов в пробах почв и мест отбора их (ПО 1–19) в разных районах города показал следующие результаты. Высокий уровень загрязнения свинцом, медью и цинком наблюдается вблизи сквера им. С.Ф. Ниловского и вблизи ТЦ «Можайский», расположенного вдоль магистрали с интенсивным движением, которая выходит на федеральную трассу М-10. Одним из источников загрязнения почв этими металлами может быть автотранспорт. Например, источником поступления свинца длительное время являлось использование этилированного бензина. Несмотря на то, что производство и оборот этилированного автомобильного бензина в России запрещены с 1 июля 2003 г., почва является депонирующей средой и до сих пор сохраняет полученные загрязнения [13].

Другим источником загрязнения почв металлами выступают промышленные предприятия разных отраслей. Высокие концентрации цинка в почве могут быть обусловлены деятельностью предприятий химической и машиностроительных отраслей. Например, в пробах почв, взятых вблизи предприятия ОАО «Тверской завод вискозных нитей», выявлены высокие концентрации этого металла. Известно, что предприятия химической промышленности являются источником многокомпонентных выбросов в окружающую среду химических примесей различных классов опасности (организованные технологические выбросы, вентиляционные выбросы, открытые площадки с оборудованием) [6]. Превышение цинка в почве отмечено в пробах, взятых вблизи предприятия ЗАО «ЭКСМАШ» (машиностроительная промышленность). Цинк может попадать в окружающую среду в результате термической обработки металлов на данном производстве [5].

Повышенная концентрация никеля характерна для проб почв вблизи предприятия машиностроительной отрасли ОАО «Тверской вагоностроительный завод». Известно, что продукцией этого предприятия являются несамоходные пассажирские железнодорожные, трамвайные вагоны и вагоны метро, багажные, почтовые и прочие вагоны специального назначения, а также инструменты. Таким образом, основными источниками загрязнения почвы никелем являются предприятия металлургии и машиностроения [13]. Высокий уровень загрязнения мышьяком, никелем и сурьмой обнаружен вблизи ЗАО «ЭКСМАШ» (машиностроительная промышленность). Данное предприятие производит полноповоротные гидравлические одноковшовые экскаваторы, различную строительно-дорожную технику и оборудование. Превышение содержания мышьяка в почве наблюдается вблизи ООО «Текмаш-М» – предприятия, обрабатывающего металлические изделия с использованием основных технологических процессов машиностроения, производящего оборудование для подготовки текстильных волокон. Выбросы с предприятий машиностроительной промышленности приводят к попаданию мышьяка в почву в больших количествах. Наиболее прочно мышьяк удерживается в почвах, содержащих активные формы железа, алюминия, кальция [6]. Сурьма является компонентом свинцовых сплавов, увеличивающим их твёрдость и механическую прочность. Её применяют в машиностроении для облицовки кислотоупорной аппаратуры, а также для изготовления труб, по которым транспортируются кислоты, щелочи и другие агрессивные жидкости, оболочек, окутывающих различные электрические кабели. Оксиды сурьмы применяются при производстве огнеупорных соединений [13].

Таким образом, с помощью АЭС–ИСП анализа в пробах почв из г. Твери (ПО 1–19) обнаружено 29 металлов (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd,

Co, Cr, Cu, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr), которые представляют 3 класса опасности. Общими металлами для проб всех изученных ПО являются 23 металла. Концентрация большинства выявленных металлов ниже нормативных значений. Однако по 6 металлам (As, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn) значения концентраций выше соответствующих ПДК.

Наибольшее число проб, в которых значения концентраций металлов выше ПДК выявлено в Пролетарском и Московском районах. В этих районах города сконцентрировано существенное число промышленных предприятий. Наибольший вклад в загрязнение почв вносят предприятия машиностроительной отрасли. Деятельность этих предприятий определяет загрязнение почвы такими металлами, как мышьяк, никель, сурьма, цинк. Другим источником загрязнения почв выступает автотранспорт. В пределах города хорошо развита сеть автомагистралей с интенсивным движением транспорта, который обуславливает наличие в почве меди и свинца. В дальнейшем целесообразно продолжение мониторинговых исследований состояния почв г. Твери.

Список литературы

1. Барковский А. Генеральный план города Твери. Тверь, 2012. 233 с.
2. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012. Изд-во МГУ. 305 с.
3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006. 15 с.
4. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 10 с.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Тверской области. Тверь: Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области, 2014. 92 с.
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Тверской области в 2015 году. Тверь: Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области, 2016. 150 с.
7. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартиформ, 2008. 7 с.
8. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартиформ. 4 с.
9. Дорофеев А.А. Природные комплексы // География Тверской области. Тверь, 2008. 289 с.

10. Мейсунова А.Ф. Оценка состояния атмосферы в г. Твери с помощью метода Фурье-ИК спектрального анализа. Тверь, 2012. 15 с.
11. Мейсунова А.Ф., Нотов А.А., Пахомов П.М., Хижняк С.Д. // Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т. 81, № 4. С. 599–605.
12. Мейсунова А.Ф., Нотов А.А. // Журнал прикладной спектроскопии. 2016. Т. 83, № 5. С. 794–802.
13. Набивач В.М., Сухой М.П. Основы экологического нормирования и промышленной токсикологии. Днепропетровск: УГХТУ, 2010. 235 с.
14. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твёрдых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 2005. 30 с.
15. Попов Е.А., Успенская Г.И. Статистическая обработка результатов измерений в лабораторном практикуме. Нижний Новгород, 2015. 15 с.

SOIL CONTAMINATION BY METALS IN TVER

Yu.S. Pershina, A.F. Meysurova

Tver state University

By atomic emission spectral analysis with inductively coupled plasma (AES–ICP analysis) in soil samples taken in different parts of the city of Tver discovered 29 metals (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, In, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr). The identified metals are hazard class 3 (highly hazardous, umerennaya and low risk). Six metals concentrations above the MPC. Among them three metals represent the first class of hazard (As, Pb, Zn) and three metal second class (Cu, Ni, Sb). Content analysis revealed metals and places of collection of soil samples showed that the main sources of pollution are industrial enterprises (mechanical engineering, chemical, power, light industry, production of construction materials) and vehicles.

Keywords: *pollution of the soil, NPP–COI–analysis, pollutant, industrial plants, vehicles, metals, MPC, classes of danger.*

Об авторах:

ПЕРШИНА Юлия Сергеевна – студентка биологического факультета, Тверской государственный университет, e-mail: krok7747@yandex.ru.

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, Тверской государственный университет, e-mail: alexandrauraz@mail.ru.